

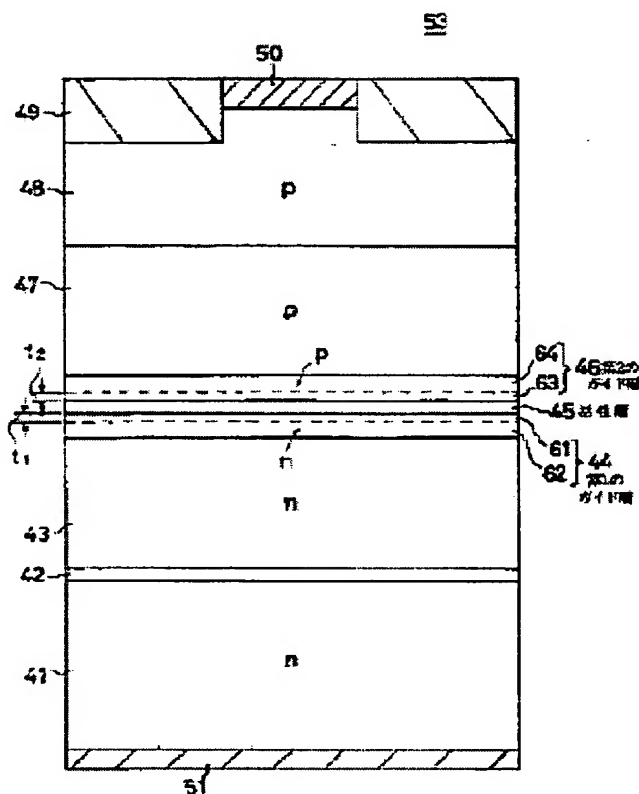
SEMICONDUCTOR LUMINOUS ELEMENT**Publication number:** JP7321375**Publication date:** 1995-12-08**Inventor:** OKUYAMA HIROYUKI; KATOU GOUSAKU; ITO SATORU**Applicant:** SONY CORP**Classification:****- International:** H01L33/00; H01S5/00; H01L33/00; H01S5/00; (IPC1-7): H01L33/00; H01S3/18**- European:****Application number:** JP19940106968 19940520**Priority number(s):** JP19940106968 19940520

Report a data error here

Abstract of JP7321375

PURPOSE: To prevent a defect by impurities near an active layer from being induced in the active layer by forming an undope having a specific thickness at the side adjoining to the active layer of a guide layer.

CONSTITUTION: Undope layers 61 and 63 with the thickness of t_1 and t_2 from 100 to 800 Angstroms are formed at the side where the active layers 45 of a first and second guide layers 44 and 46 adjoin. Therefore, the inducing of a defect due to impurities near the active layers 45 can be prevented. Also, if the thickness of undope layers 61 and 63 is smaller than 100 Angstroms, then the effect of providing a longer life does not occur and, if it is larger than 800 Angstroms, then the inconvenience of rising of the threshold current occurs.



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-321375

(43)Date of publication of application : 08.12.1995

(51)Int.Cl.

H01L 33/00
H01S 3/18

(21)Application number : 06-106968

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 20.05.1994

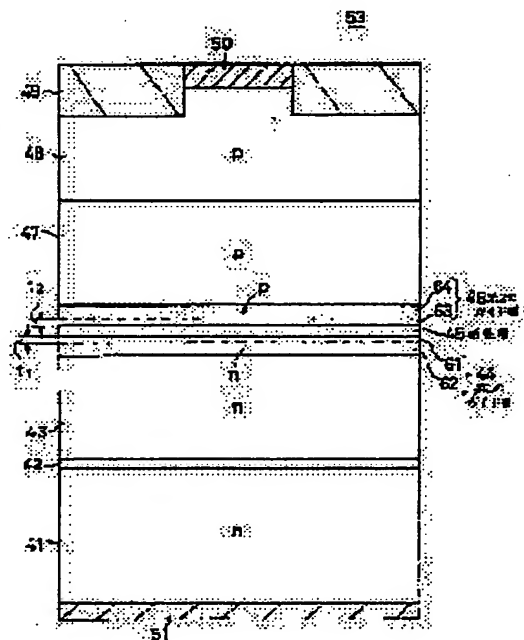
(72)Inventor : OKUYAMA HIROYUKI
KATOU GOUSAKU
ITO SATORU

(54) SEMICONDUCTOR LUMINOUS ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To prevent a defect by impurities near an active layer from being induced in the active layer by forming an undope having a specific thickness at the side adjoining to the active layer of a guide layer.

CONSTITUTION: Undope layers 61 and 63 with the thickness of t_1 and t_2 from 100 to 800 Angstroms are formed at the side where the active layers 45 of a first and second guide layers 44 and 46 adjoin. Therefore, the inducing of a defect due to impurities near the active layers 45 can be prevented. Also, if the thickness of undope layers 61 and 63 is smaller than 100 Angstroms, then the effect of providing a longer life does not occur and, if it is larger than 800 Angstroms, then the inconvenience of rising of the threshold current occurs.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.06.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

17.06.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

AL

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-321375

(43) 公開日 平成7年(1995)12月8日

(51) Int.Cl.⁸

H 0 1 L 33/00

H 0 1 S 3/18

識別記号

D

片内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平6-106968

(22) 出願日 平成6年(1994)5月20日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 奥山 浩之

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 加藤 豪作

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 伊藤 哲

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

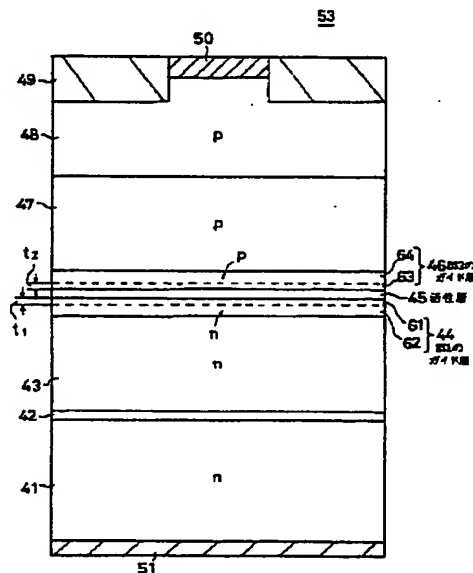
(74) 代理人 弁理士 松隈 秀盛

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【要約】

【目的】 II-VI族化合物半導体発光素子の長寿命化を図る。

【構成】 Zn (Cd) Se系活性層45を挟んでZn (S) Se系ガイド層44、46とZnMgSSe系クラッド層43、47とが配置されたII-VI族化合物半導体発光素子において、ガイド層44、46が活性層45と接する側に設けられた100Å～800Åの厚さのアンダー層61、63と、これとは反対側に設けられた不純物ドーパ層62、64とより構成される。



61, 63: アンダー層

62, 64: 不純物ドーパ層

第1実施例の構成図

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板と、前記半導体基板上の第1のZnMgSSe系クラッド層と、前記第1のクラッド層上の第1のZn(S)Se系又はZnMgSSe系ガイド層と、前記第1のガイド層上のZn(Cd)Se系活性層と、前記活性層上の第2のZn(S)Se系又はZnMgSSe系ガイド層と、前記第2のガイド層上の第2のZnMgSSe系クラッド層と、前記第1及び第2のガイド層のうち、少なくとも一方は、活性層と接する側の100Å～800Åの厚さのアンドープ層と、これとは反対側の不純物ドーパ層とより成ることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 前記不純物ドーパ層の不純物濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \sim 3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ に設定されてなることを特徴とする請求項1に記載の半導体発光素子。

【請求項3】 半導体基板と、前記半導体基板上の第1のZnMgSSe系クラッド層と、前記第1のクラッド層上の第1のZn(S)Se系又はZnMgSSe系ガイド層と、前記第1のガイド層上のZn(Cd)Se系活性層と、前記活性層上の第2のZn(S)Se系又はZnMgSSe系ガイド層と、前記第2のガイド層上の第2のZnMgSSe系クラッド層と、前記第2のクラッド層上のZn(S)Se系キャップ層とを有し、前記第2のクラッド層とキャップ層とのヘテロ接合部でSの組成比が連続的に変化していることを特徴とする請求項1又は2に記載の半導体発光素子。

【請求項4】 Zn(Cd)Se活性層のバンドギャップエネルギー E_g1 を

$$2.40 \text{ eV} \leq E_g1 \leq 2.70 \text{ eV}$$

に設定したことを特徴とする請求項1、2又は3に記載の半導体発光素子。

【請求項5】 ZnMgSSe系のクラッド層のバンドギャップエネルギー E_g2 を

$$2.82 \text{ eV} < E_g2 \leq 3.03 \text{ eV}$$

に設定したことを特徴とする請求項1、2、3又は4に記載の半導体発光素子。

【請求項6】 Zn(S)Se系又はZnMgSSe系のガイド層の膜厚を80nm以上にすることを特徴とする請求項1、2、3、4又は5に記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、例えば発光ダイオード、半導体レーザ等の半導体発光素子、特にII-VI族化合物半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 亜鉛(Zn)、水銀(Hg)、カドミウム(Cd)、マグネシウム(Mg)などのII族元素と、硫黄(S)、セレン(Se)、テルル(Te)などのVI族元素からなるII-VI族化合物半導体は、発光ダイオ-

ドやレーザダイオードを構成する材料として有望である。特に、ZnMgSSe混晶は、GaAs基板上に青色半導体レーザを作製するときのガイド層、クラッド層に適していることが知られている。

【0003】 一方、レーザ光によって記録あるいは再生、もしくはその双方を行う例えば光磁器記録において、記録密度の向上からその光源のレーザとして、短波長例えば青色半導体レーザを用いることの要求が高まっており、この種の半導体レーザとして、上記II-VI族のZnMgSSe系の半導体レーザが注目されている。

【0004】 このII-VI族化合物半導体のZnMgSSe系の半導体レーザは、例えば図17に示すように、n型GaAs基板1の一面上に順次n型のZnSeバッファ層2、n型のZnMgSSeによる第1のクラッド層3、n型のSを含むか含まないZnSe(以下Zn(S)Seと記す)による第1のガイド層4、ZnCdSe活性層5、p型のZn(S)Seによる第2のガイド層6、p型のZnMgSSeによる第2のクラッド層7、p型のZn(S)Seによるキャップ層8が順次エピタキシーされ、このキャップ層8がその中央をストライプ状に残るように選択エッチングされた後、エッチング除去された両側に絶縁層例えばポリイミド層9が設けられ、次いで、キャップ層8上にp側の金属電極10が略オーミックにコンタクトされ、また、基板1の他の面にn側の金属電極11がオーミックにコンタクトされて構成される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上述したII-VI族化合物半導体レーザを構成している各層の格子定数は、一般に基板1のそれと一致していることが望ましいとされている。しかしながら、現実のデバイス構造での望ましい構造の条件は未だ明らかにされていない。

【0006】 本発明は、上述の点に鑑み、長寿命、低閾値、低動作電圧、高発光効率の得られる半導体発光素子を提供するものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】 第1の発明は、図3に示すように半導体基板41と、半導体基板41上の第1のZnMgSSe系クラッド層43と、第1のクラッド層43上の第1のZn(S)Se系又はZnMgSSe系ガイド層44と、第1のガイド層44上のZn(Cd)Se系活性層45と、活性層45上の第2のZn(S)Se系又はZnMgSSe系ガイド層46と、第2のガイド層46上の第2のZnMgSSe系クラッド層47と、第1及び第2のガイド層44及び46のうち、少なくとも一方は、活性層45と接する側の100Å～800Åの厚さのアンドープ層(61、63)と、これとは反対側の不純物ドーパ層(62、63)とより形成された構成とする。

【0008】 第2の発明は、第1の発明の半導体発光素

子において、図6に示すように、その不純物ドーブ層(62, 64)の不純物濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \sim 3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ に設定された構成とする。

【0009】第3の発明は、第1又は第2の発明の半導体発光素子において、図9に示すように、半導体基板41と、半導体基板41上の第1のZnMgSSe系のクラッド層43と、第1のクラッド層43上の第1のZn(S)Se系又はZnMgSSe系ガイド層44と、第1のガイド層44上のZn(Cd)Se系活性層45と、活性層45上の第2のZn(S)Se系又はZnMgSSe系ガイド層46と、第2のガイド層46上の第2のZnMgSSe系クラッド層47と、第2のクラッド層47上のZn(S)Se系キャップ層48とを有し、第2のクラッド層47とキャップ層48とのヘテロ接合部でSの組成比が連続的に変化している構成とする。

【0010】第4の発明は、第1、第2又は第3の発明の半導体発光素子において、図13に示すように、そのZn(Cd)Se活性層45のバンドギャップエネルギー E_{g1} を、

$$2.40 \text{ eV} \leq E_{g1} \leq 2.70 \text{ eV}$$

に設定した構成とする。

【0011】第5の発明は、第1、第2、第3又は第4の発明の半導体発光素子において、図15に示すように、そのZnMgSSe系のクラッド層47のバンドギャップエネルギー E_{g2} を、

$$2.82 \text{ eV} < E_{g2} \leq 3.03 \text{ eV}$$

に設定した構成とする。

【0012】第6の発明は、第1、第2、第3、第4又は第5の発明の半導体発光素子において、図16に示すように、そのZn(S)Se系又はZnMgSSe系のガイド層44、46の膜厚を80nm以上にした構成とする。

【0013】

【作用】第1の発明によれば、ガイド層44、46の活性層45と接する側に100Å～800Åの厚さのアンドープ層61、63を形成することにより、活性層45近傍の不純物による欠陥が活性層に誘起されず閾値電流 I_{th} を上げることなく、半導体発光素子の長寿命化を図ることができる。アンドープ層61、63の厚さ t_1 、 t_2 が、100Åより小さいと長寿命化の効果がなく、800Åより大きいと図5に示すように、閾値電流 I_{th} が上がってしまう。

【0014】第3の発明によれば、第1の発明の半導体発光素子において、そのガイド層44、46中の不純物ドーブ層の不純物濃度を $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \sim 3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内に設定することにより、図7及び図8に示すように深い準位からの発光が弱く、バンド端発光が強くなり、その差が大きくなることから、ガイド層の光学的特性を良好にして閾値電流 I_{th} を上げずに長寿命化

が図れる。

【0015】第3の発明によれば、第1又は第2の発明の半導体発光素子において、第2のZnMgSSe系のクラッド層47とZn(S)Se系のキャップ層48との間のヘテロ結合部で、Sの組成比を連続的に変化させることにより、エネルギーバンド図においてクラッド層からキャップ層に至る価電子帯がなめらかにつながり、価電子帯の障壁(いわゆるホールに対する障壁)が減少し、各半導体発光素子の前記作用に加えて、夫々図12に示すように、更に動作電圧の低減、引いては消費電力の低減をも図ることができる。

【0016】第4の発明によれば、第1、第2又は第3の発明の半導体発光素子において、Zn(Cd)Se系の活性層45のバンドギャップエネルギー E_{g1} を

$$2.40 \text{ eV} \leq E_{g1} \leq 2.70 \text{ eV}$$

に設定することにより、キャリアの閉じ込めが良くなり、各半導体発光素子の前記作用に加えて、夫々更に良好な発振を行わせることができる。バンドギャップエネルギー E_{g1} が2.70eVより大きくなると閾値電流 I_{th} が上がり過ぎ、発振しない。またバンドギャップエネルギー E_{g1} が2.40eVより小さくなると、Cdの量が多くなり過ぎて臨界膜厚を越えてしまい活性層45の結晶性が悪くなる。

【0017】第5の発明によれば、第1、第2、第3又は第4の発明の半導体発光素子において、ZnMgSSe系のクラッド層47のバンドギャップエネルギー E_{g2} を3.03eV以下、即ち $2.82 \text{ eV} < E_{g2} \leq 3.03 \text{ eV}$ に設定することにより、各半導体発光素子の前記作用に加えて、夫々更に室温パルス発振を行わせることができる。バンドギャップエネルギー E_{g2} が3.03eVより大きくなるとホールが供給されにくくなるため発振しなくなる。ZnMgSSeである場合、 E_{g2} の下限は2.82eVとなる。

【0018】第6の発明によれば、第1、第2、第3、第4又は第5の発明の半導体発光素子において、Zn(S)Se系又はZnMgSSe系のガイド層44、46の膜厚 t_4 、 t_5 を80nm以上にする事により、各半導体発光素子の前記作用に加えて、夫々更に光の閉じ込めが効果的に行われ、ガイド層の光学的特性が上がり、且つ寿命の向上も図られる。

【0019】

【実施例】以下、図面を参照して本発明による実施例を説明する。

【0020】なお、各実施例は、半導体発光素子、例えばII-VI族化合物半導体レーザに適用した場合を示す。

【0021】図1は、II-VI族化合物半導体レーザの作製に用いられる分子線エピタキシー(MBE)装置21の概略図である。この分子線エピタキシー装置21は、真空蒸着装置の1種であり、超高真空排気装置を備えた真空容器22の内部に、基板41を保持する基板ホルダ

ー25が配置され、基板41の表面に対向するように窒素をドーピングするためのECR（電子サイクロトロン共鳴）プラズマセル26及び分子線源23いわゆるKセルが配置される。ECRプラズマセル26には、マグネット27が設けられてマイクロ波端子28及び窒素ガス等の導入管29が接続されて、ガス導入口30から例えば窒素ガスがp型不純物として導入される。31は予備室を示す。

【0022】先ず、本発明に適用されるII-VI族化合物半導体レーザの製造方法を述べる。図1に示した分子線エピタキシー装置21を用いて、例えばSiドープのn型の単結晶GaAs基板41を基板ホルダー25に装着し、基板温度を580℃に加熱し、表面を清浄にした後、n型GaAs基板41を所定の最適成長温度に下げ、Zn(S)Se、ZnMgSSe、Zn(Cd)Seの各薄膜単結晶のエピタキシーを行う。

【0023】即ち、図2に示すように、n型GaAs基板41上に、n型のZnSeによるバッファ層42をエピタキシーし、続いて、順次C1ドープのZnMgSSe：C1によるn型の第1のクラッド層43、Zn(S)SeまたはZnMgSSe、本例ではZnS_{0.06}Se_{0.94}によるn型又はアンドープの第1のガイド層44、Cdを含むか含まないZnSe（以下Zn(Cd)Seと記す）本例ではZnCdSeによるアンドープの活性層45、Zn(S)SeまたはZnMgSSe、本例ではZnS_{0.06}Se_{0.94}によるp型又はアンドープの第2のガイド層46、窒素NドープのZnMgSSe：Nによるp型の第2のクラッド層47をエピタキシーし、さらにこの上に、Zn(S)Se：Nによるp型のキャップ層48をエピタキシーする。そして、キャップ層48の上部をストライプ状に残るように選択エッチングし、そのエッチング除去された両側に絶縁層49例えばポリイミド層を形成した後、キャップ層48の上面に例えば下からPd、Pt、Auが積層される多層構造によるp側電極50をオーミックにコンタクトし、基板41の他の面にInによるn側の電極51をオーミックにコンタクトする。

【0024】次に、本発明の各実施例について説明する。

【0025】図3は本発明の一実施例を示す。本例は、特に第1及び第2のガイド層44及び46を、夫々アンドープ層と不純物ドープ層の2層構造で構成する。即ち、第1及び第2のガイド層44及び46の活性層45と接する側に厚さ t_1 、 t_2 が100Å～800Åのアンドープ層61及び63を形成し、これとは反対側のクラッド層43、47に接する側に夫々C1ドープのZn(S)Se：C1によるn型の不純物ドープ層62及び窒素NドープのZn(S)Se：Nによるp型の不純物ドープ層64を形成して構成する。その他の構成は、図2と同様であるので、同一符号を付して重複説明を省略

する。

【0026】かかる図3に示す構成のII-VI族化合物半導体レーザ53によれば、ガイド層44及び46の活性層45と接する側に、厚さ100Å～800Åのアンドープ層61及び63が形成されることにより、活性層45近傍の不純物による欠陥が活性層45に誘起されず、半導体レーザの寿命を伸ばすことができる。因みに、活性層45近傍に不純物が存在すると、この不純物によって活性層45に欠陥を引き起こし、寿命が短くなるも、本実施例では、この点が改善され長寿命化が図れる。図4は寿命を示すグラフである。同図中、横軸は時間、縦軸は左に1mWの出力を得るときの電流、右にその出力を示す。このグラフから判るように、40秒の長寿命化が達成できた。

【0027】一方、各ガイド層44及び46のクラッド層43及び47側が夫々n型及びp型の不純物ドープ層62及び64で構成されることにより閾値電流 I_{th} を低く抑えることができる。

【0028】ここで、アンドープ層61及び63の厚さ t_1 、 t_2 が100Åより小さいと、寿命を伸ばす効果がなく、また、厚さ t_1 、 t_2 が800Åより大きくなると、図5（アンドープ層の膜厚と閾値電流 I_{th} の関係を示すグラフ）の曲線1で示すように、閾値電流 I_{th} が上昇し始める。

【0029】尚、図3では、第1及び第2のガイド層44及び46の双方ともにアンドープ層と不純物ドープ層の2層構造としたが、少なくともいずれか一方のガイド層、例えばp側のガイド層46について、その活性層45側をアンドープ層63とし、これと反対側を不純物ドープ層として構成した場合にも、閾値電流 I_{th} を上げることなく長寿命化が可能となる。

【0030】図6は、本発明の他の実施例である。本例は、p側のガイド層46を例えばZn(S)Se：Nによるp型ガイド層で形成すると共に、その不純物濃度、即ちアクセプタ濃度($N_A - N_D$)を $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ～ $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ の範囲に設定する。また、n側のガイド層64は、例えばZn(S)Se：C1によるn型ガイド層で形成する。n型ガイド層44の不純物濃度、即ちドナー濃度($N_D - N_A$)は、特に範囲を決めなくともよいが、pn接合を合わせるため、p型ガイド層46と同程度の不純物濃度範囲とすることができる。但し、好ましくは $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ～ $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ とすることができる。その他の構成は、図2と同様であるので、同一符号を付して重複説明は省略する。

【0031】かかる図6の構成のII-VI族化合物半導体レーザ55によれば、ガイド層44、46の不純物濃度を $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下に少なくすることにより、ガイド層44、46の光学的特性が良好となり、発光効率が向上する。

【0032】即ち、図7は、p型ガイド層46のアクセ

ブタ濃度 ($N_A - N_D$) に対する室温でのフォトルミネッセンスの発光強度を示すグラフである。また、図8は、 n 型ガイド層44のドナー濃度 ($N_D - N_A$) に対する室温でのフォトルミネッセンスの発光強度を示すグラフである。なお、夫々の図7、図8のグラフは、励起には10mWのHe-Cdレーザを用いた。図7及び図8中、■印は深い準位からの発光を示し、□印はバンド端発光を示す。バンド端発光と深い準位からの発光の強度差 d が大きい程、発光効率がよいとされる。

【0033】この図7から明らかなように、 p 型のガイド層46のアクセプタ濃度 ($N_A - N_D$) にを $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下とすることにより、ガイド層46の光学的特性が良くなる。また、図8から明らかなように、 n 型のガイド層44では、ドナー濃度 ($N_D - N_A$) を $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下とすることにより、ガイド層44の光学的特性が良くなる。アクセプタ濃度 ($N_A - N_D$)、ドナー濃度 ($N_D - N_A$) は、共に少なくとも $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 程度あれば良い。

【0034】前記の p 型ガイド層46及び n 型ガイド層44のアクセプタ濃度及びドナー濃度の値は、前述の図3に示すII-VI族化合物半導体レーザ53における不純物ドーブ層64及び不純物ドーブ層62について適用することができる。このような構成によれば、閾値電流 I_{th} を上げずに寿命を伸ばすことができると共に、ガイド層46、44の光学的特性を良好にすることができる。

【0035】図9は、本発明の他の実施例を示す。本例は、特に、 p 型クラッド層47と p 型キャップ層48との間のヘテロ結合部において、 $\text{ZnMgSSe} : \text{N}$ のクラッド層から $\text{Zn}(\text{S})\text{Se} : \text{N}$ のキャップ層48に向ってSの量 (いわゆる組成比) を徐々に少なくなるように変化させた $\text{ZnSSe} : \text{N}$ 領域を形成する。

【0036】すなわち、例えばSの組成比が20%含有の $\text{ZnMgSSe} : \text{N}$ のクラッド層47からSの組成比が6%~0%の $\text{Zn}(\text{S})\text{Se} : \text{N}$ のキャップ層48間に、そのSの組成比が連続して漸次少なくなる ZnSSe による組成変化領域66を形成して構成する。その他の構成は、図2と同様であるので、同一符号を付して重複説明は省略する。

【0037】かかる図9の構成のII-VI族化合物半導体レーザ56によれば、 $\text{ZnMgSSe} : \text{N}$ の p 型クラッド層47と $\text{Zn}(\text{S})\text{Se} : \text{N}$ の p 型キャップ層48の間に、Sの組成比を連続的に変えた ZnSSe による組成変化領域66を有することにより、図11のエネルギーバンド図で示すように、クラッド層47からキャップ層48にかけて価電子帯の障壁 (いわゆるホールに対する障壁) を無くすることができる。

【0038】即ち、価電子帯のエネルギーは、 ZnSSe のVI族元素であるSによって決まるため、このSの組成比を変えることにより、 $\text{ZnMgSSe} : \text{N}$ のクラッド層47から $\text{Zn}(\text{S})\text{Se} : \text{N}$ のキャップ層48にか

けて価電子帯がなめらかにつながる。

【0039】実験によれば、図12のI-V特性の曲線 $b_1 \sim b_4$ で示すように従来例のII-VI族化合物半導体レーザの場合には電流100mAでの動作電圧が15V以上であったのが、本例のII-VI族化合物半導体レーザ56の場合には、曲線aで示すように、動作電圧11V程度に減少した。従って、本例のII-VI族化合物半導体レーザ56は、動作電圧の低減が図られ、消費電力を低減することができる。

【0040】図みに、 $\text{ZnMgSSe} : \text{N}$ のクラッド層上に $\text{Zn}(\text{S})\text{Se} : \text{N}$ のキャップ層が形成された構成の場合には、図10のエネルギーバンド図で示すように、 $\text{ZnMgSSe} : \text{N}$ のクラッド層と $\text{Zn}(\text{S})\text{Se} : \text{N}$ のキャップ層間に価電子帯の障壁67が形成される。この価電子帯の障壁67は、ヘテロ構造を作ったときに、 ZnMgSSe と $\text{Zn}(\text{S})\text{Se}$ の電子親和力に差が生ずるために形成されるものである。之に対し、本実施例では、かかるホールに対する障壁67が減少するので、動作電圧の低減化が図れることになる。

【0041】図13は、本発明の他の実施例を示す。本例は、特に、 ZnCdSe 活性層45の膜厚、Cdの量、等を調整して、 ZnCdSe 活性層45の温度77Kのときのバンドギャップエネルギー E_g を $2.40 \text{ eV} \leq E_g \leq 2.70 \text{ eV}$ の範囲内に設定して構成する。その他の構成は、図2と同様であるので、同一符号を付して重複説明を省略する。

【0042】図14に示すように、II-VI族化合物半導体レーザの閾値電流 I_{th} とその活性層45のバンドギャップエネルギー E_g の関係より、 E_g が 2.70 eV を越えると閾値電流 I_{th} が上がり過ぎて発振しなくなる。 ZnCdSe 活性層45のバンドギャップエネルギー E_g は、Cdの量を減らしていくと大きくなり、また ZnCdSe 活性層45の膜厚 t_3 を薄くしていくと大きくなる。Cdの量を増やし過ぎると臨界膜厚を越えてしまい活性層の結晶性が悪くなり、発振しなくなる。このときの活性層のバンドギャップエネルギーの下限が 2.40 eV 程度である。

【0043】活性層45の膜厚 t_3 の上限は 100 \AA 程度であり、従って、膜厚 100 \AA 以下において、活性層45の膜厚 t_3 、Cdの量を調整してバンドギャップエネルギー E_g を $2.40 \text{ eV} \sim 2.70 \text{ eV}$ に設定するようになる。

【0044】例えば膜厚 t_3 が 60 \AA のとき、Cdの量を5%以上~40%以下とすることにより、 ZnCdSe 活性層45のバンドギャップエネルギー E_g として上記の $2.40 \text{ eV} \sim 2.70 \text{ eV}$ が達成できる。かかる図13の構成のII-VI族化合物半導体レーザ57によれば、 ZnCdSe 活性層45のバンドギャップエネルギー E_g を $2.40 \text{ eV} \sim 2.70 \text{ eV}$ の範囲に設定する

ことにより、キャリアの閉じ込めが行われ、良好な発振が得られる。

【0045】図15は、本発明の他の実施例を示す。本例は、ZnMgSSeによるクラッド層、例えばp型のクラッド層47の温度77Kのときのバンドギャップエネルギー E_{g2} を

$$2.8\text{ eV} < E_{g2} \leq 3.03\text{ eV}$$

の範囲内に設定して構成する。その他の構成は、図2と同様であるので、同一符号を付して重複説明を省略する。

* 10

E_{g2}	2.95	3.01	3.03	3.04	3.05	3.07
発振	有り	有り	有り	無し	無し	無し

【0048】なお、 E_{g2} の下限はZnMgSSeである場合、2.82 eVとなる。

【0049】かかる図15の構成のII-VI族化合物半導体レーザ58によれば、ZnMgSSeのクラッド層47のバンドギャップエネルギー E_{g2} が温度77Kのときの2.82 eV～3.03 eVの範囲に設定することにより、良好な室温パルス発振が行われる。

【0050】図16は、本発明の他の実施例を示す。本例は、特に、Zn(S)Seのガイド層46及び44の膜厚 t_4 及び t_5 を80 nm以上に設定して構成する。その他の構成は、図2と同様であるので、同一符号を付して重複説明は省略する。

【0051】かかる図16の構成のII-VI族化合物半導体レーザ59によれば、ガイド層46、44の膜厚 t_4 、 t_5 を80 nm以上とすることにより、光の閉じ込めが効果的に行われ、ガイド層46、44の光学的特性が向上し、長寿命化が図れる。ガイド層46及び44をZnMgSSeで構成した場合も、上記の膜厚 t_4 、 t_5 の条件は当てはまり、同様に光学特性が向上し、長寿命化が図れる。

【0052】尚、図3ではガイド層44、46の構造、図6ではガイド層44、46の不純物濃度、図9ではp側のクラッド層47からキャップ層48にかけての組成、図13では活性層45のバンドギャップエネルギー E_{g1} 、図15ではクラッド層のバンドギャップエネルギー E_{g2} 、図16ではガイド層44、46の膜厚 t_4 を、夫々特定した実施例について説明したが、その他、図示さずとも上記の各特定した構成を適宜複数組合せて構成することができる。この場合には、夫々の特徴が付加されたII-VI族化合物半導体レーザが得られる。

【0053】又、上例では本発明を半導体レーザに適用したが、発光ダイオード等にも適用できることは勿論である。

【0054】

【発明の効果】 上述したように、本発明構成によれば、

* 【0046】 p型クラッド層47では、バンドギャップエネルギー E_{g2} を上げていくとアクセプタ濃度($N_A - N_D$)が下がるため、バンドギャップエネルギー E_{g2} としては3.03 eVまでしか上げられない。そのため、クラッド層47の組成は $Zn_x Mg_{1-x} Sy Se_{1-y}$ において $x \geq 0.80$ 、 $y \leq 0.25$ とする。これは表1の実験値から確認される。

【0047】

【表1】

ガイド層の活性層と接する側に100 Å～800 Åの厚さのアンダー層を形成することにより、活性層での欠陥導入を抑え、閾値電流 I_{th} を上げることなく半導体発光素子の長寿命を図ることができる。

20 【0055】本発明によれば、ガイド層の不純物濃度を $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \sim 3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ に設定した構成を採ることにより、ガイド層の光学的特性を良好にし、発光効率を向上することができる。また、長寿命化も可能となる。

【0056】本発明によれば、第2のZnMgSSe系クラッド層とZn(S)Se系キャップ層との間のヘテロ接合部で、Sの組成比を連続的に変化させる構成を採ることにより、ホールに対する障壁が減り、動作電圧を低減し、消費電力の低減化を図ることができる。

30 【0057】本発明によれば、Zn(Cd)Se系活性層のバンドギャップエネルギー E_{g1} を2.40 eV～2.70 eVの範囲に設定した構成を採ることにより、キャリアの閉じ込めが良くなり、室温パルス発振を行うことができる。

【0058】本発明によれば、ZnMgSSe系クラッド層のバンドギャップエネルギー E_{g2} を2.82 eV～3.03 eVの範囲に設定した構成を採ることにより、良好な室温パルス発振が得られる。

40 【0059】本発明によれば、Zn(S)Se系又はZnMgSSe系ガイド層の膜厚を80 nm以上にした構成を採ることにより、光の閉じ込めが行われ、光学的特性を上げることができ、且つ寿命の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る半導体発光素子の製造に用いられる分子線エピタキシー装置の構成図である。

【図2】本発明に適用されるII-VI族化合物半導体レーザの構成を示す図である。

【図3】本発明に係るII-VI族化合物半導体レーザの一例を示す構成図である。

11

【図 4】図 3 の半導体レーザの説明に供する動作電流及び光出力と時間の関係を示すグラフである。

【図 5】図 3 の半導体レーザの説明に供する閾値電流 I_{th} とガイド層のアンダー層の膜厚との関係を示すグラフである。

【図 6】本発明に係る II-VI 族化合物半導体レーザの他の例を示す構成図である。

【図 7】p 型クラッド層のアクセプタ濃度 ($N_A - N_D$) とフォトミネッセンスの発光強度との関係を示すグラフである。

【図 8】n 型クラッド層のドナー濃度 ($N_D - N_A$) とフォトミネッセンスの発光強度との関係を示すグラフである。

【図 9】本発明に係る II-VI 族化合物半導体レーザの他の例を示す構成図である。

【図 10】従来例の p 型クラッド層からキャップ層にかけての価電子帯のみを示すエネルギーバンド図である。

【図 11】図 9 の実施例の p 側クラッド層からキャップ層にかけての価電子帯のみを示すエネルギーバンド図である。

【図 12】図 8 の実施例の説明に供する電流 I - 動作電圧 V 特性図である。

【図 13】本発明に係る II-VI 族化合物半導体レーザの

12

他の実施例を示す構成図である。

【図 14】図 13 の実施例の説明に供する活性層のバンドギャップエネルギーと閾値電流 I_{th} の関係を示すグラフである。

【図 15】本発明に係る II-VI 族化合物半導体レーザの他の例を示す構成図である。

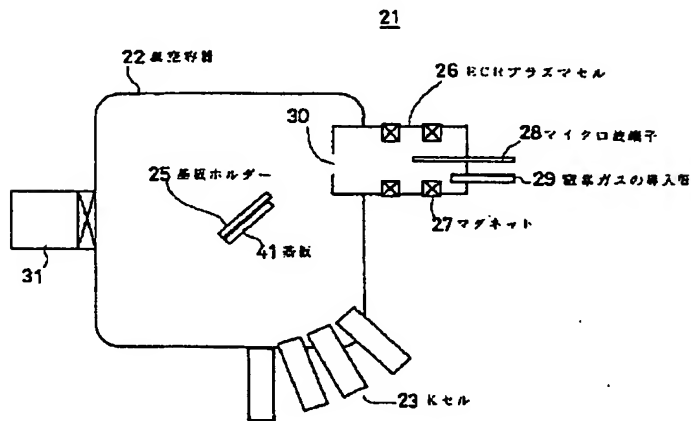
【図 16】本発明に係る II-VI 族化合物半導体レーザの他の例を示す構成図である。

【図 17】従来例に係る II-VI 族化合物半導体レーザの他の例を示す構成図である。

【符号の説明】

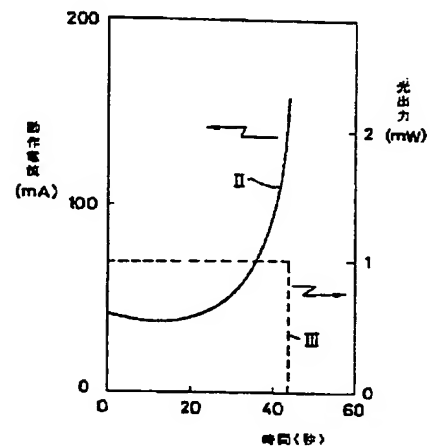
- 41 n-GaAs 基板
- 42 n-ZnSe バッファ層
- 43 n-ZnMgSSe クラッド層
- 44 Zn(S)Se 又は ZnMgSSe のガイド層
- 45 ZnCdSe 活性層
- 46 Zn(S)Se 又は ZnMgSSe のガイド層
- 47 p-ZnMgSSe クラッド層
- 48 Zn(S)Se キャップ層
- 20 49 絶縁層
- 50 p 側金属電極
- 51 n 側電極

【図 1】

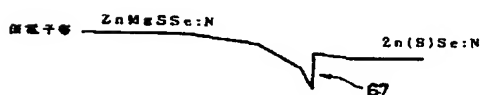


分子線エピタキシー装置の構成図

【図 4】

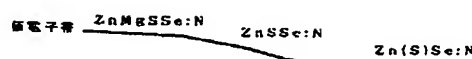


【図 10】



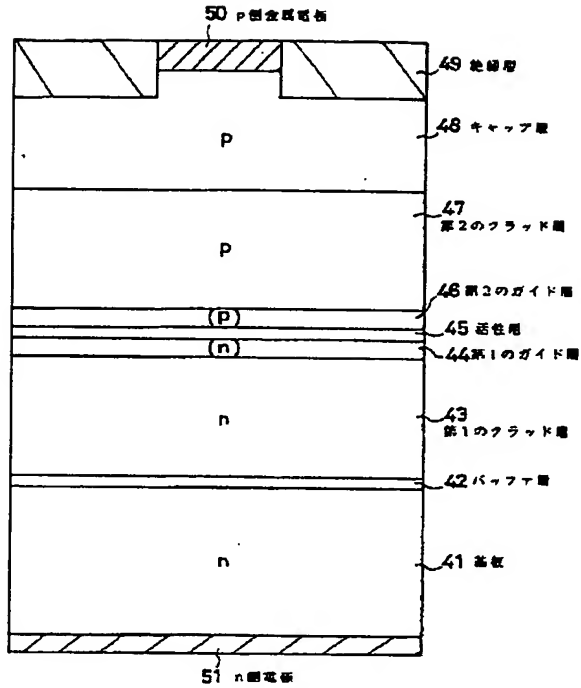
従来例のエネルギーバンド図

【図 11】



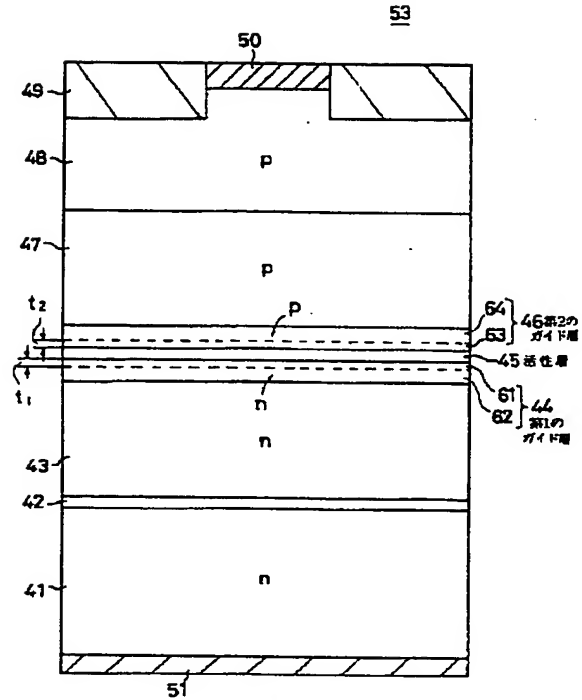
本実施例のエネルギーバンド図

【図2】



本発明に適用される構成図

【図3】

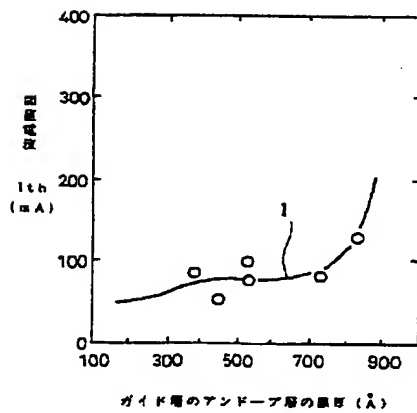


61,63: 不純物ドーパ層

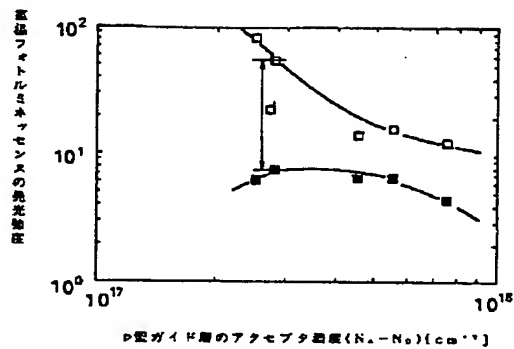
62,64: アンダーア層

図1実施例の構成図

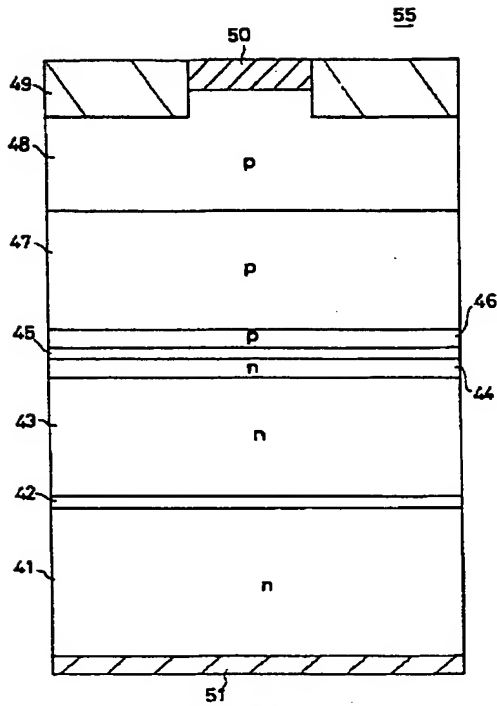
【図5】



【図7】



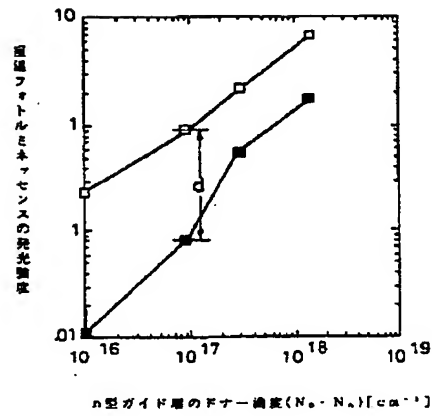
【図6】



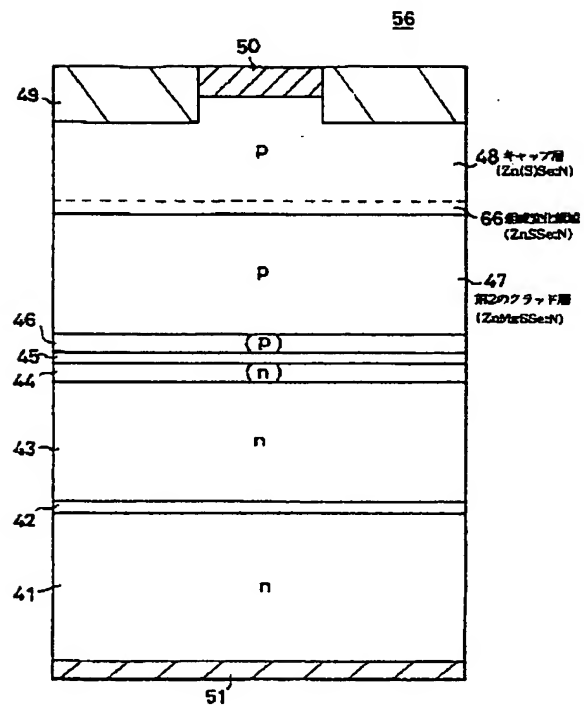
46: 第2のガイド層
 $(N_A - N_D = 1 \times 10^{11} \sim 3 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3})$
 44: 第1のガイド層
 $(N_D - N_A = 1 \times 10^{11} \sim 2 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3})$

第2実施例の構成図

【図8】

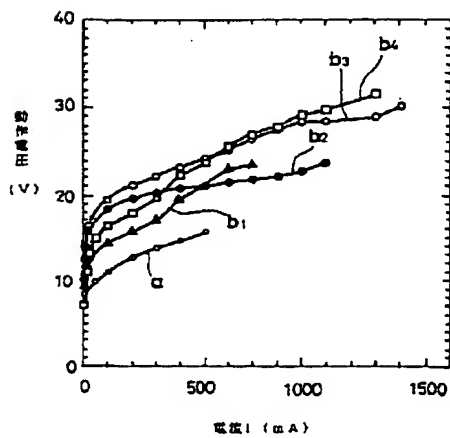


【図9】



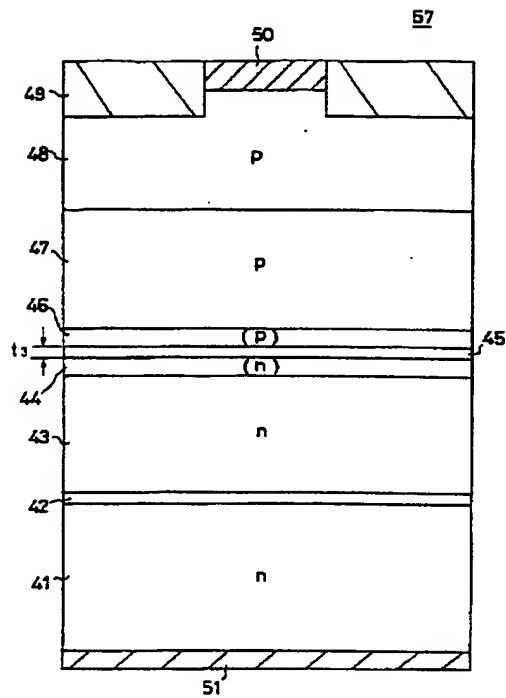
第3実施例の構成図

【図12】



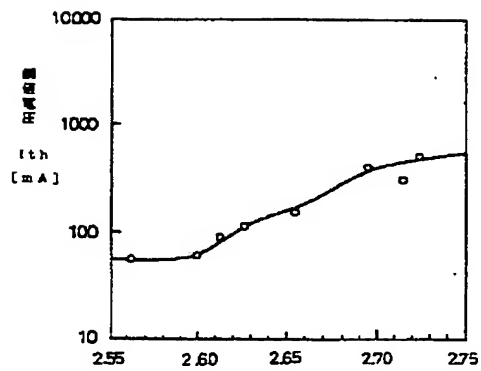
I-V特性図

【図13】



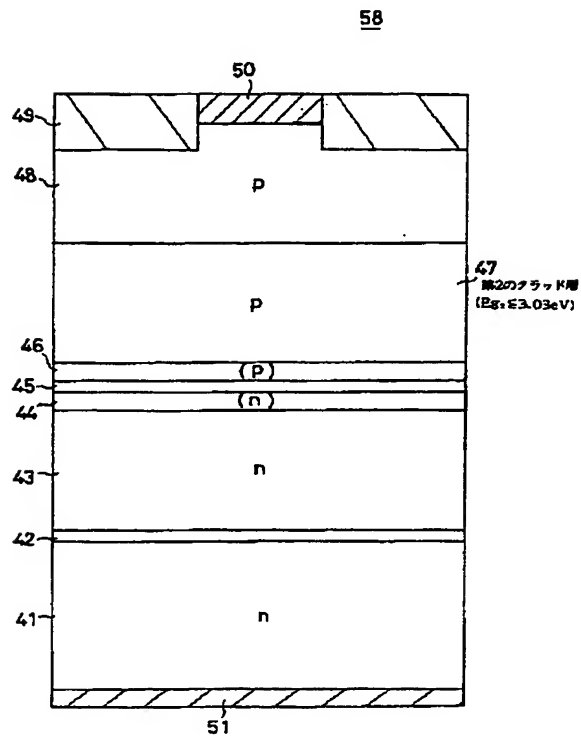
45: 活性層
($E_g \leq 2.70 \text{ eV}$)

【図14】



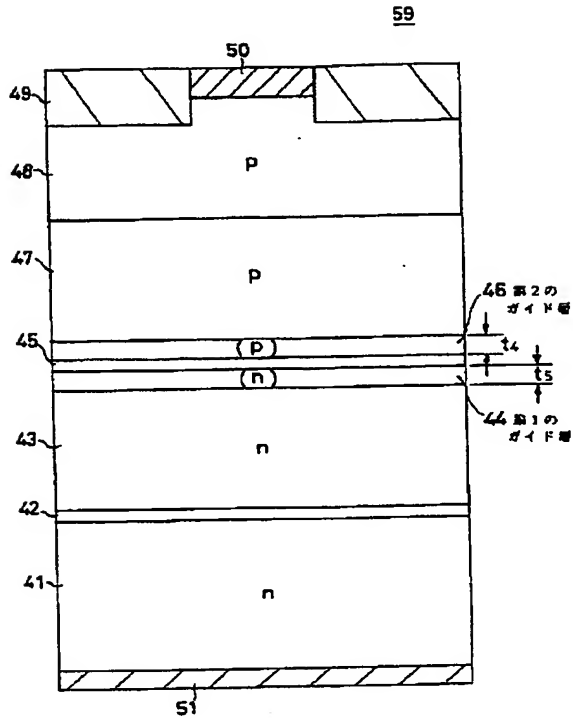
活性層のバンドギャップエネルギー[eV]

【図15】



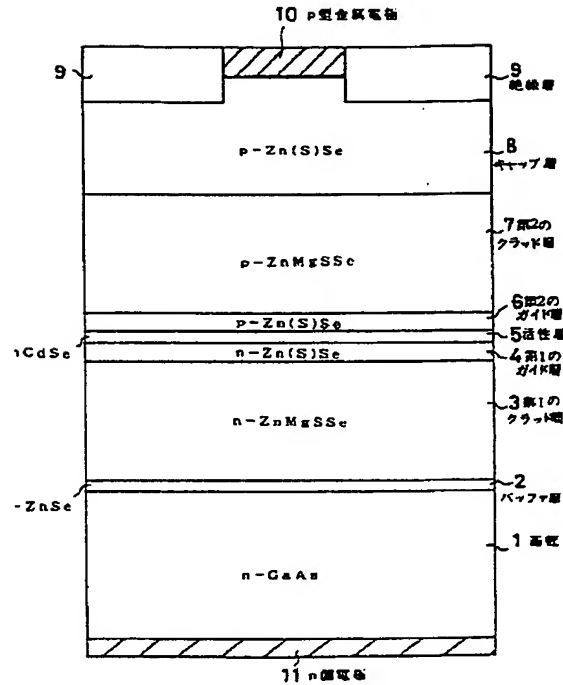
第5実施例の構成図

【図16】



第6実施例の構成図

【図17】



従来例の構成図

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成13年6月29日(2001. 6. 29)

【公開番号】特開平7-321375

【公開日】平成7年12月8日(1995. 12. 8)

【年通号数】公開特許公報7-3214

【出願番号】特願平6-106968

【国際特許分類第7版】

H01L 33/00

H01S 5/30

【FI】

H01L 33/00 D

H01S 3/18

【手続補正書】

【提出日】平成12年6月5日(2000. 6. 5)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0003

【補正方法】変更

【補正内容】

【0003】一方、レーザ光によって記録あるいは再生、もしくはその双方を行う例えば光磁気記録において、記録密度の向上からその光源のレーザとして、短波長例えば青色半導体レーザを用いることの要求が高まっており、この種の半導体レーザとして、上記II-VI族のZnMgSSe系の半導体レーザが注目されている。